

高性能粘弾性体を用いた壁型制震ダンパーのRC取付部要素実験
その3 スタッドの特性評価

正会員 ○濱 智貴*1 同 宮崎 裕一*1
同 戸澤 正美*1 同 島崎 和司*2

制震ダンパー 粘弾性体 鉄筋コンクリート構造
接合部 スタッド

1.はじめに

高性能粘弾性体を用いた壁型制震ダンパーを超高層RC造集合住宅に適用しようとした場合、取付部のディティールと剛性評価が重要となる。昨年報告したRC根巻型の装置¹⁾では、定着筋の配置によって異なる破壊形式となった。このようなダンパーの場合、取付部のRC部材としての評価とともに、スタッドとコンクリート間の構造性能の評価が必要となる。今回、スタッドについて、取付部のせん断クラックによる損傷とその補修後の構造性能を把握し、回転バネのモデル化のための資料を得ることを目的とした実験を行ったので、その結果を報告する。

2.実験概要

昨年度の取付け部試験体詳細と写真を図1に、本年度試験体詳細を図2に示す。試験体は、昨年度の上部方向への抜けだし破壊状況を再現するように6体製作した。No1-3が中央部の定着筋の無い部分を想定した定着筋2本の試験体、No4-6が端部の定着筋のある部分を想定した定着筋4本の試験体である。スタッドはPL12にスタッド溶接接合し、試験体表面に埋め込まれている。表1に試験体に使用した材料の一覧を示す。試験体材料は基本的に、昨年度の試験体で使用されたものと同じものを使用した。

No.1,2,4,5は取り付け部のせん断クラックの損傷を模擬するため、図3に示すように対角方向の圧縮割裂試験によりクラックを発生させ残留クラック幅が0.25mmとなるようにした。損傷させた試験体のうちNo.2,5は自動式低圧注入工法によりエポキシ樹脂を注入して補修した。

試験は、図4に示すようにネジ鉄筋である定着筋を反力治具にナットで固定し、アクチュエーターの中心高さをスタッドとプレートが溶接接合されている根元部と一致させ、一方向引張り繰り返し試験を行った。加力サイクルは、スタッドの終局せん断応力度を鉄筋コンクリート造建物の耐震改修設計指針・同解説を参考に(1)式で算定し、その1/3、2/3、3/3の荷重で1回ずつ一方向繰り返し加力を行い、以降は試験体の様子を見て漸増繰り返し加力を続けた。(1)式によるスタッド耐力は39kNとなった。

$$q_s = \min(0.5\sqrt{FcEc}, 0.64\sigma_t) \dots (1)$$

q_s : スタッドのせん断耐力応力度、 Fc : コンクリート強度、 Ec : コンクリートのヤング係数、 σ_t : スタッドの引張強度時応力度

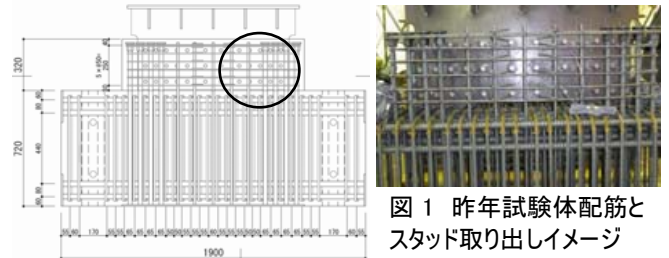


図1 昨年試験体配筋とスタッド取り出しイメージ

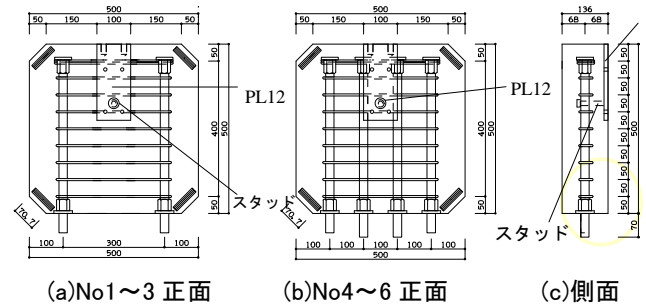


図2 試験体寸法

表1 使用材料

鋼材	使用部材	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 ×10 ⁴ (N/mm ²)	伸び (%)
D4	SD295A ノッチ補強	310	499	-	30
D6	KSPD80 横補強筋	1055	1195	-	9
D22	SD490 アンカー筋	549	717	18.12	17
スタッドφ13	SS400 スタッド	321	461	-	35
PL12	SN490B 加力用	377	525	-	27
コンクリート		40.0	-	3.20	0.21



図3 圧縮割裂試験

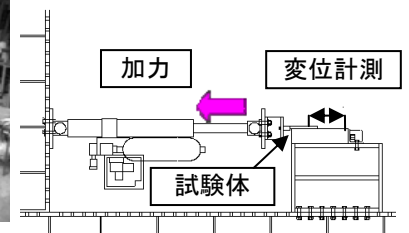


図4 加力装置概要

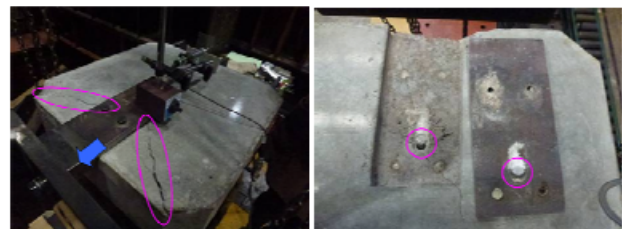


図5 最終破壊状況

計測は、プレートと定着筋固定部コンクリート 200mm 区間の相対変形とスタッド、鉄筋の歪みを計測した。

3.実験結果・考察

No.1-5試験体は、39kN近傍で上面に新たなクラックが入り、No.6は側面に新たなクラックが入った。最終破壊形状を図5に示す。No.1-3は、プレートの中央のスタッド付近から右上と左上に斜めのクラックが入り、コンクリートの掃出し破壊となった。No.4-6は、クラックは水平に近く、最終的に溶接部傍のスタッドが破断した。

損傷のための圧縮試験前を初期値とした定着筋の歪みは、No.1-3試験体では最大1000 μ 程度、No.4-6試験体では最大800 μ 程度、横補強筋の歪みはNo.1-3試験体で最大1500 μ 程度、No.4-6試験体では最大500 μ 程度で、いずれも降伏に達していなかった。図6にスタッドの歪みから求めた曲率と荷重の関係を示す。定着筋が2本で、損傷を受けたNo.1,2では、スタッドが降伏する前に最大耐力に達して荷重低下しているが、その他の試験体では、定着筋の本数に関わらずスタッドは曲げ降伏している。

図7に荷重と定着プレートとのずれ変形のグラフを示す。図中の水平線は、実線が(1)式によるもの、破線が σ_s の係数を1.0としたものである。No.1~No.3では、(1)式の値を超えているが、スタッドの引張強度で定まる耐力には達していない。No.4~No.6ではいずれの試験体も、スタッド耐力に達している。

荷重-変形関係を山野辺らの提案式²⁾を基に以下の3折れ点で設定する。1)第1折れ点荷重P1：設計耐力/2、初期剛性：右表、2)第2折れ点荷重P2：設計耐力(1)式、第2剛性：初期剛性 $\times 0.07$ 、3)第3折れ点荷重P3：スタッド引張耐力、第3剛性：初期剛性 $\times 0.01$

実験結果と設定した復元力を比較したものが図8である。実線は、スタッドの実強度によるもの、破線はスタッド強度を規格強度としたものである。第1折れ点から第2折れ点にかけて実験値の方が小さな値となっている。これは、計測区間のコンクリートの損傷に伴う変形増大が影響していると考えられる。制震ダンパーの取付部の評価において、この部分はRC根巻き部の非線形モデルに取り込む必要がある。

剛性評価のために繰り返し載荷時の除荷剛性とその時の荷重の関係を図9に示す。除荷剛性は最大荷重時の変形と荷重0時の変形から算定した。再載荷時の剛性も同程度である。無損傷の剛性がやや高いが、全体的に荷重の増大により剛性は低下する。損傷を補修した試験体No.2,5も設計荷重時程度では、無損傷の試験体とほとんど変わらない。損傷を受けたNo.1,4は、初期から剛性が低い。特に、定着筋が2本のNo.1では、計算値の降伏剛性よりも低いため、低減した剛性評価が必要となる。定着筋が4本のNo.4では、設計荷重までは降伏剛性を上回っている。

4.まとめ

1) 定着筋が2本のものは、損傷の有無にかかわらずコン

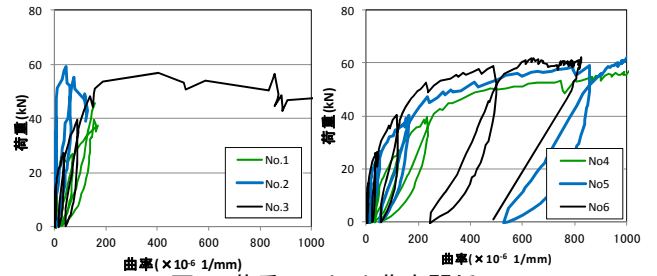


図6 荷重-スタッド曲率関係

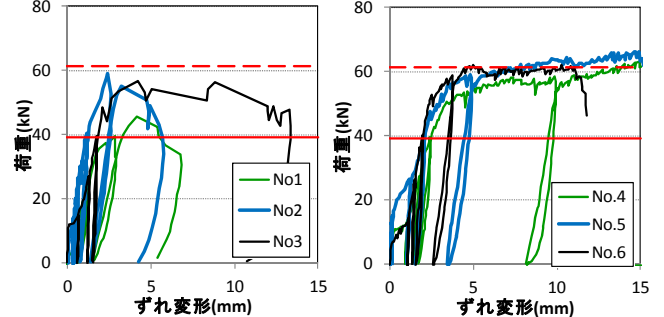


図7 荷重-取り付けプレートずれ変形関係

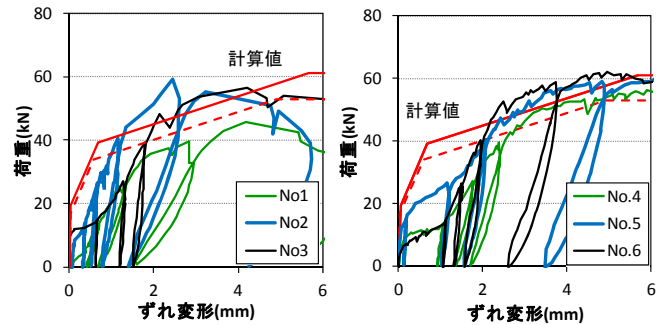


図8 スタッド-コンクリート間の復元力

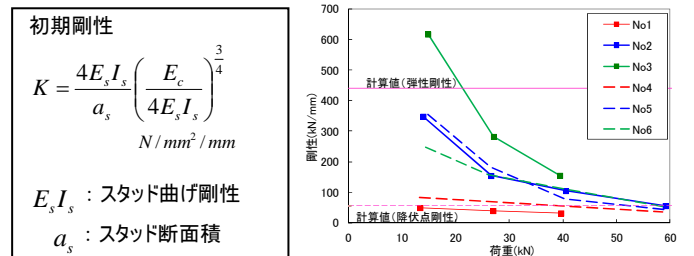


図9 除荷時の剛性低下

クリートの掃出し破壊により耐力が決まり、定着筋が4本のはスタッドの破断により耐力が決まった。定着筋の掃出し破壊に対する押さえ効果が確認できた。2) 繰り返し時の剛性は損傷により低下するが、補修により剛性の回復が見込める。とくに、定着筋の4本の試験体では、無損傷のものと同程度の剛性となった。

【謝辞】 実験は、神奈川大学の五十嵐教務技術主任や西村さんをはじめ多くの学生の協力を得た。ここに感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 小嶋 一輝他、高性能粘弾性体を用いた壁型制震ダンパーのRC取付部要素実験、その1、2、日本建築学会大会梗概集、pp.1329-2332、2011年
- 2) 山野辺 宏治、矢部 喜堂、和田 章：頭付きスタッドの弾塑性性状を考慮した合成梁架構の弾塑性平面骨組解析、日本建築学会構造系論文集 (502)、135-140、1997

*1 清水建設株式会社 設計本部

*2 神奈川大学 工学部 建築学科 博士 (工学)

*1 Design Division. Shimizu Corporation

*2 Prof. Department of Architecture Kanagawa University Dr. Eng